



УДК 621.313

## ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ ТРАНСФОРМАТОРА 35-110 КВ ПО АНАЛИЗУ ГАЗА ИЗ ГАЗОВОГО РЕЛЕ

## IDENTIFICATION OF DAMAGES OF THE TRANSFORMER OF 35-110 KV ACCORDING TO THE ANALYSIS OF GAS FROM THE GAS RELAY

**Казаков Максим Сергеевич**, студент каф. «Электрические машины», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: nikita21.07.19944@mail.ru, Тел.: +7(999)559-28-38.

**Давиденко Ирина Васильевна**, профессор каф. «Электрические машины», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: inguz21@yandex.ru, Тел.: +7(922)619-19-88.

**Maxim S. Kazakov**, student, Department «Electric cars», Ural Federal University named after the first Russian President Boris Yeltsin, Russia, 620002, Mira str., 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: nikita21.07.19944@mail.ru, Tel.: +7 (999) 559-28-38.

**Irina V. Davidenko**, Prof., Department «Electric cars», Ural Federal University named after the first Russian President Boris Yeltsin, Russia, 620002, Mira str., 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: inguz21@yandex.ru, Tel.: +7(922)619-19-88.

**Аннотация:** Данная статья позволит снизить долю ошибок при интерпретации результатов АРГ газового реле и повысить точность характеристик выявляемого по АРГ повреждения. А также уточнить допустимые значения концентраций газа ГР и выявить наиболее удачные корреляционные зависимости.

**Abstract:** This article will reduce the proportion of errors in interpreting the results DGA from gas relay and improve the accuracy of the characteristics of the detected defect on the DGA. And also to clarify the permissible values of the gas concentrations of GR and identify the most successful correlations.

**Ключевые слова:** диагностирование; газовое реле; силовой трансформатор; АРГ.

**Key words:** diagnostics; gas relay; power transformer; DGA.

Как известно, наиболее информативным методом контроля технического состояния силового трансформатора является анализ растворенных газов (АРГ) в масле бака трансформатора. Этот метод идентифицирует дефекты теплового и электрического характера по составу газов, выделяющихся при разложении масла и твердой изоляции. При быстром развитии дефекта (межвитковое замыкание, короткое замыкание в линии и т.п.) срабатывает газовая защита трансформатора. Далее нужно определить причину срабатывания газового реле (ГР) и выявить характер развивающегося дефекта (если таковой имеется) по АРГ газа из ГР.

В 2015 г по просьбе специалистов АО «Тюменьэнерго» был разработан блок по интерпретации АРГ из ГР. Алгоритм, реализованный в системе ЭДИС «Альбатрос», объединяет рекомендации отечественных и международных стандартов по этому вопросу, а также результат исследовательской работы авторов ЭДИС. В итоге, распознается 6 видов дефектов по АРГ из газа ГР. Исследование по уточнению критериев оценки АРГ было проведено на базе данных АО «Тюменьэнерго»,

накопленных в ЭДИС за 20 лет эксплуатации системы на предприятии. Результаты исследования были опубликованы в [1].

В 2016 году исследовательская работа над этой темой продолжалась на материале лаборатории физико-химического контроля ОАО «Свердловэлектроремонт». В ходе работы были рассмотрены карточки истории проведения хроматографического анализа газов растворенных в масле более 600 крупных трансформаторов 35-220 кВ. Выявленные случаи срабатывания ГР были исследованы с целью дальнейшего развития критериев оценки АРГ из газа ГР. В базу данных ЭДИС «Альбатрос» были занесены необходимые для исследования паспортные характеристики трансформаторов (класс напряжения, мощность, место расположения трансформатора, дата установки, тип защиты, марка масла) и причины срабатывания ГР, а также результаты АРГ. Результаты измерений заносились в следующем объеме: АРГ газа и АРГ масла (если таковой был) из газового реле, 3 результата АРГ из бака трансформатора до срабатывания газового реле и один анализ после срабатывания. Таким образом, было собрано 55 случаев срабатывания ГР с

результатами АРГ газа из ГР и около 275 результатов АРГ бака трансформатора.

Согласно отечественному РД [3] на первом этапе интерпретации результатов АРГ из бака силового трансформатора, концентрации газов сравниваются с их предельно-допустимыми значениями, для того чтобы определить вид дефекта. В источнике [2] приведен состав газа, выделяющегося в реле при различных

повреждениях трансформаторов (таблица 1). В предыдущем исследовании [1], состоятельность критериев этого РД были протестированы на случаях срабатывания ГР по БД «Тюменьэнерго». В результате были получены допустимые значения концентраций газов, представленные в таблице 2, которые сейчас используются в ЭДИС «Альбатрос» при анализе данных АРГ из ГР.

Таблица 1.  
Средний состав газа, выделяющегося в газовом реле при различных внутренних повреждениях трансформаторов

	Причина появления газов	Содержание компонентов, об. %				
		H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub> +C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> +C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	CO	CO <sub>2</sub>
1	Электрическая дуга в масле	40-65	0,1-5	0,1-5	0-0,2	0,1-3
2	Разложение электрической дугой масла и твердой изоляции	30-65	0,5-10	0,2-5	1-25	0,2-5
3	Разложение масла при нагреве	0,5-30	3-10	0,2-10	0-0,02	0,1-2
4	Разложение масла и твердой изоляции при нагреве, а также под действием частичных разрядов	2-25	2-10	0,1-10	0,2-15	0,2-5

Таблица 2.  
Допустимые значения концентрации газов в газовом реле

Газ, об. %	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>
Допустимое значение	0,5	0,08	0,02	0,1	0,09	0,02	0,01

Результаты АРГ из газа газового реле по базе данных ОАО «Свердловэлектроремонт» оценивались согласно критериям таблицы 1. Для определения характера дефекта концентрации из газа газового реле были переведены в концентрации газа растворенного в масле с помощью коэффициента Оствальда [3]. Характер дефекта определялся по различным источникам: методика оценки АРГ из ГР ЭДИС «Альбатрос»;

собственное заключение, сделанное на основе значения соотношений пар газов приведенных в РД 153-34.0-46.302-00; заключение, сделанное специалистами химической лабораторией «Свердловэлектроремонт»). При сравнении этих заключений было получено 100 % совпадение характера дефекта по используемым источникам (хотя сами заключения отличались описанием степени развития дефекта). В итоге получено:

термический дефект 25,5%, электрический дефект 32,7% и 41,8% ложного срабатывания газового реле.

Далее в каждом исследуемом случае газы, превышающие свои допустимые значения, оценивались в баллах, в зависимости от характера дефекта согласно таблице 2. Если газы были близки к допустимым значениям, то

присваивалась половина оценки соответственного дефекта.

Затем оценки всех газов суммировались, таким образом, давалась оценка тяжести развития дефекта, которую в нашем исследовании мы в дальнейшем использовали для определения эффективности критериев диагностирования.

Таблица 3

Интерпретация дефекта		
Характер дефекта	Характерные газы	Тяжесть дефекта
Электрический	H <sub>2</sub> и CH <sub>4</sub>	3
	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	2
	H <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	5
Повреждение твердой изоляции	CO	1
	CO <sub>2</sub>	1
Тепловой	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	1,5
	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	1,5

## ВЫВОДЫ

При оценке итоговых сумм тяжести дефекта было отмечено, что необходимо повысить допустимые значения CO и CO<sub>2</sub>. Кроме того, во многих случаях, когда был выявлен сильный тепловой дефект, значение C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> было близко к допустимому значению либо ниже его. Следовательно, допустимое значение C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> необходимо понизить.

Кроме того, выявлено, что наиболее эффективными и надежными для оценки АРГ из газа ГР являются критерий превышения концентраций их допустимые значения: H<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, CO, а также соотношение пар газов C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>/C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>. На них в первую очередь надо обращать внимание при анализе АРГ из ГР.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сайт конф. И.В. Давиденко «Анализ газов из газового реле и контактора РПН» конференция Методы и средства контроля изоляции высоковольтного оборудования». Доклад 2.3, 16-17 февраля 2016 года, г. Пермь. <https://dimrus.ru/conf2016.html>
2. РД 34.46.502 Инструкция по определению характера внутренних повреждений трансформаторов по анализу газов из газового реле.
3. РД 153-34.0-46.302-00 «Методические указания по диагностике развивающихся дефектов трансформаторного оборудования по результатам хроматографического анализа газов растворенных в масле» МОСКВА, 2001 год.